DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Dritter Jahrgang. 16. Juli 1915. Heft 29.

Julius Elster und Hans Geitel als Forscher.

Von Prof. Dr. E. v. Schweidler, Innsbruck.

Früher war es wohl üblich, zu warten, bis ein hervorragender Forscher die Altersgrenze des Psalmisten erreicht hatte, und dann erst ihn zu feiern und sein — meistens schon abgeschlossenes — Lebenswerk zu würdigen. Jetzt wird immer häufiger schon der 60. Geburtstag der Anlaß zu solchem Überblick; daß dabei in der Regel noch mitten im Schaffen stehende Männer der Gegenstand der Ehrung sind, ist eher als Vorteil, denn als Nachteil aufzufassen; wird doch die zusammenfassende Darstellung ihrer Leistungen dadurch weit weniger ein Rückgreifen in fern gelegene Phasen der wissenschaftlichen Entwicklung, sondern ein Einblick in die Arbeit der gerade führenden Geister. Freilich wird damit das Ereignis als solches häufiger und verliert dadurch ein wenig vom Reize des seltenen Festes.

Der Jubilar, den zu feiern heute meine ehrenvolle Aufgabe ist, hat aber selbst dafür gesorgt, daß das Fest nicht zu alltäglich würde; denn unser Jubilar, der — mathematisch exakt gesprochen — am 5. März 1915 seinen mittleren 60. Geburtstag feierte, ist ein Doppelwesen; zwei volle und ganze Menschen in jedem Sinne des Wortes für den, der sie persönlich zu kennen das Glück hat, sind sie doch wissenschaftlich eine Individualität, ein Zweibund so festen Gefüges, daß er nach außen als eine Einheit erscheint — ein Ding, das wir gerade jetzt zu unserer Freude im Walten der großen Weltgeschichte erblicken, aber kaum je in solchem Ausmaße in der Geschichte der Wissenschaft gefunden haben. Nicht der Umstand, daß von weit mehr als 120 Arbeiten fast alle die *beiden* Namen tragen, während die wenigen nur von dem Einen oder dem Andern unterzeichneten dies wohl nur äußeren Umständen verdanken, da sie doch *gemeinsam* gewonnene Ergebnisse bringen, nicht dieser Umstand ist das wesentliche, sondern die Einheitlichkeit der Produkte, die alle sich wie *aus einem Gusse* darstellen. Nichts darin deutet darauf hin, in welcher Weise verschieden ausgebildete Begabungen auf zwei Gehirne verteilt sind, wer den kritisch-theoretischen Geist, wer das experimentelle Genie beigesteuert hat. Für den auf verwandten Gebieten arbeitenden Physiker gibt es nur *den Elster-Geitel*, der beide Gaben in schöner Harmonie in sich vereinigt.

Noch ein weiterer Umstand macht das so erfolgreiche Wirken der beiden Forscher bemerkenswert: nicht mit den Hilfsmitteln eines großen Hochschulinstitutes konnten sie ihre Ergebnisse erzielen, sondern mit den weit beschränkteren eines Privatlaboratoriums; erhöht dies das Verdienst der beiden, so ist es zugleich ein Zeichen, daß der „Zunftgeist" in der deutschen Wissenschaft doch nicht eine solche Rolle spielt, wie manche Unken — von nörgelnden Feinden gar nicht zu reden — wollen glauben machen.

Das wissenschaftliche Werk *Elsters* und *Geitels* ist nicht einseitiges Spezialistentum, aber auch keine Zersplitterung der Kräfte. Stets an der Front vor dem Unbekannten tätig, senden sie die Korps ihrer Gedanken nach verschiedenen Richtungen, doch stets so, daß diese in Fühlung bleiben und gelegentlich wieder konzentrisch vorgehen. Besonders hatte ich immer den — vielleicht ganz subjektiven — Eindruck, als ob Interesse an *geophysikalischen* Problemen eine Haupttriebfeder wäre; denn neben ihren *luftelektrischen* Forschungen, die ja unmittelbar einem Zweige der Geophysik dienen, haben *Elster* und *Geitel* auf ihren andern Arbeitsgebieten, der *Ionenlehre*, der *Lichtelektrizität* und der *Radioaktivität*, die hineinspielenden Beziehungen zu geophysikalischen Fragen stets mit besonderer Vorliebe — und mit besonderem Erfolge — gepflegt.

Im vorstehenden Satze ist die Gliederung von *Elsters* und *Geitels* Forschertätigkeit nach Stoffgebieten bereits angedeutet; in dieser Gliederung, nicht in chronologischer Ordnung, wenigstens die Hauptresultate vorzuführen, ist der Zweck der folgenden Zeilen. Freilich muß dabei so manche Einzelheit, an der ein unmittelbarer wissenschaftlicher Nachbar seine Freude hätte, sei es nun ein besonders glücklicher Griff in der theoretischen Problemstellung, sei es eine verblüffend einfache Improvisation einer Versuchsanordnung oder dergleichen mehr, unerwähnt bleiben. Auch habe ich speziell die Schilderung der so zahlreichen, großenteils geradezu bahnbrechenden Leistungen *Elsters* und *Geitels* auf dem Gebiete der Luftelektrizität einem unmittelbaren Schüler der beiden als dem Berufensten überlassen.

Das stolze Gebäude, das wir heute *Theorie der Ionenleitung in Gasen* nennen, ist in mühsamer, jahrzehntelanger Arbeit von einer ganzen Generation von Physikern errichtet worden. Schon in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts finden wir *Elster* und *Geitel* unter den Mitarbeitern mit Untersuchungen über die Elektrizität der Flamme (1884), über die unipolare Leitung erhitzter Gase (1885), über verschiedene glühelektrische Erscheinungen (1887—1890), über Leitung der durch Phosphor ozonisierten Luft (1890) und über Wasserfallelektrizität (1892). An der langsamen Klärung der Begriffe,

die in das chaotische Gewimmel unverständlicher und widerspruchsvoller Einzeltatsachen bei den elektrischen Vorgängen in Gasen Ordnung brachte, haben auch diese Arbeiten ihren wohlgemessenen Anteil. Bald aber bricht die schon erwähnte Neigung zu geophysikalischen Fragen durch. Seit den Anfängen der Elektrizitätslehre war es ein Dogma — man findet es noch heute in elementaren Lehrbüchern und populären Darstellungen —, daß Gase, also auch die Luft, „fast vollkommene" Isolatoren seien. Daß *Coulomb* schon am Ende des 18. Jahrhunderts die Leitung in Luft, die sogenannte „Zerstreuung" elektrischer Ladungen in die Luft, experimentell erwiesen hatte, wurde kaum als Widerspruch empfunden. Der moderne Physiker, verwöhnt durch die vorzügliche Isolation der Meßapparate, die ihm zur Verfügung gestellt werden, müßte eigentlich natürliche Luft als einen ganz miserablen Isolator bezeichnen; verliert doch ein Körper in noch „Ohmisch leitender", nicht bereits durch nahezu gesättigten Strom entionisierter Luft bis zu 10 % und mehr seiner Ladung binnen einer Minute. *F. Linss* hatte schon im Jahre 1887 auf die Bedeutung der Elektrizitätszerstreuung für luftelektrische Fragen aufmerksam gemacht und selbst wertvolle experimentelle Beiträge dazu geliefert, doch ohne zunächst die verdiente Beachtung zu finden. — *Elster* und *Geitel* waren es, die dann (1899) diese Anregung in ihrer Wichtigkeit erfaßten, mit der Meisterschaft wohlgeübter Spezialisten auf diesem Gebiete ein Instrumentarium schufen, das bisher höchst schwierig zu umgehende Fehlerquellen beseitigte, und schließlich die nunmehr schon herangereifte Ionentheorie auf die Vorgänge in der Erdatmosphäre anwandten; es wurde ein Wendepunkt der luftelektrischen Forschung. Welche experimentellen Ergebnisse sie erzielten und welch einschneidende Umgestaltungen luftelektrischer Theorien dadurch erfolgten, das findet man in der Besprechung der speziell luftelektrischen Arbeiten *Elsters* und *Geitels* durch Herrn *Bergwitz;* hier war die Erwähnung notwendig als Beispiel, wie *Elster* und *Geitel* ihre aufgesammelten Erfahrungen auf einem bestimmten Arbeitsgebiete plötzlich einem, scheinbar unabhängig, nebenher betriebenen zugute kommen lassen. Umgekehrt liefern manche dieser eigentlich luftelektrischen Fragen gewidmeten Untersuchungen wieder Beiträge zur Kenntnis der Ionenleitung im allgemeinen, z. B. zur Frage der Ionenleitung in Nebeln u. dergl.

Daß die in den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts erfolgte Entdeckung der *Radioaktivität* mit ihren engen Beziehungen zur Ionenlehre das Interesse aller auf diesem Gebiete tätigen Physiker erregen mußte, war selbstverständlich. Aber nur wenige — selbst an großen Instituten — konnten sich das kostspielige und seltene Material verschaffen und dadurch in die Reihe der aktiven Mitarbeiter eintreten. Wie geeignete Problemstellung und geschickte Ausnutzung einfacher Hilfsmittel schöne Ergebnisse erzielen läßt, zeigten hier wieder *Elster* und *Geitel.* Die wichtige Frage des Verhaltens von Becquerelstrahlen im Magnetfelde wurde von ihnen sofort in Angriff genommen (1899); das negative Resultat, das sie erhielten, bezog sich freilich, wie man später erkannte, nur auf einen Teil der Strahlung; aber bei der bald darauf erfolgten Entdeckung der magnetischen Ablenkung der β-Strahlen des Radiums durch *F. Giesel* (1899) waren *Elster* und *Geitel* als Helfer und Berater mitbeteiligt. Weiterhin beschränkten sie sich nicht auf aufmerksames Verfolgen der raschen Entwicklung dieses neuen Wissenszweiges, den sie wiederholt in referierenden Darstellungen behandelten, zuletzt (1914) in der groß angelegten „Kultur der Gegenwart", sondern trugen durch ganz überraschende und weittragende eigene Ergebnisse zum Aufbau bei, und zwar wieder durch einen Vorstoß ins geophysikalische Gebiet. Analogien im Verhalten natürlicher Luft und durch Becquerelstrahlen künstlich ionisierter Luft, die sie erkannten (1901), bildeten den Ausgangspunkt. Daß die offensichtlich dauernd aufrecht erhaltene Ionisierung der Atmosphäre durch Becquerelstrahlen bewirkt werde, war eine daraus folgende, allerdings erst zu beweisende Hypothese. Die von *Elster* und *Geitel* gefundene (1901), für den ersten Blick recht unscheinbare Tatsache, daß in abgeschlossenen Räumen, wie natürlichen Höhlen, Kellern u. dergl., die Leitfähigkeit der Luft merklich erhöht war, ließ sie die aufgefundene Spur weiter verfolgen. Bald schloß sich die Entdeckung an (1902), daß radioaktive Stoffe — bisher als etwas so überaus Seltenes angesehen — sich fast überall *aus der Luft* gewinnen lassen, und zwar durch das einfache Mittel, einen ziemlich stark (auf etwa 2000 Volt) negativ geladenen Leiter, z. B. in Form eines langgestreckten Drahtes, einige Stunden in Freiluft zu „exponieren". Diese Methode der „Drahtaktivierung" wurde bald nicht nur von ihren Schöpfern, sondern auch von zahlreichen andern Forschern verwendet, um rings auf dem Erdball an den verschiedensten Stellen die radioaktiven Eigenschaften der Atmosphäre, wenigstens qualitativ, zu erfassen. Gleichzeitig hatten aber *Elster* und *Geitel* dem Ursprung der in der Luft verbreiteten radioaktiven Stoffe nachgeforscht, denn bei ihrem raschen, spontanen Zerfall war die Annahme einer stetigen Nachlieferung an die Atmosphäre erforderlich. Schon im Jahre 1902 hatten sie die beträchtlich erhöhte Aktivität aus dem *Boden* abgesaugter Luft erkannt, und daher in den festen Stoffen der Erdoberfläche den Sitz der radioaktiven Muttersubstanzen vermutet; an der Feststellung der eine Zeitlang zweifelhaften Tatsache, daß das *Radium* und daneben das *Thorium* diese Muttersubstanzen sind, waren sie in erster Linie beteiligt.

Nun folgte eine Reihe von Arbeiten (1904 bis 1905), die an zahlreichen Bodenarten, Gesteinen sowie Quellsedimenten unmittelbar den Gehalt an

Radioelementen nachwiesen; die relativ bedeutende Aktivität des Fangoschlammes von Battaglia war dabei ein interessantes Nebenergebnis, das auf die medizinisch-biologische Bedeutung der Radioaktivität hinwies. Die bequeme und rasch arbeitende Methode *Elsters* und *Geitels* mußte später durch langwierige und komplizierte Methoden ersetzt werden, wollte man exakt quantitative Angaben über Radium- und Thorgehalt der untersuchten Proben erhalten. Aber die grundlegende Feststellung, daß Radium und Thor in zwar sehr geringer Konzentration fast überall vorhanden sind, war schon durch *Elster* und *Geitel* erfolgt; damit war zugleich einerseits eine Wurzel aller elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre bloßgelegt, andererseits die Grundlage für die geologisch so bedeutsame Frage nach der Beeinflussung des Wärmehaushaltes der Erde durch die Wärmeproduktion der radioaktiven Stoffe geschaffen.

Aber auch innerhalb des engeren Gebietes, das den genetischen Zusammenhang der verschiedenen Radioelemente umfaßt, wußten *Elster* und *Geitel* mehrere wichtige Resultate zu gewinnen. So konnten sie zeigen (1906 und 1907), daß die zwar absolut genommen sehr schwache, aber gegenüber andern Metallen immerhin auffallend erhöhte Aktivität des gewöhnlichen Bleies nicht eine spezifische Eigenschaft dieses Elementes ist, sondern durch eine Beimengung von Polonium entsteht und daß sie bei sehr alten Bleiproben nicht zu finden ist, weil dann das Radium D, die das Blei bei seinen Reaktionen begleitende („isotope", wie wir heute sagen) Muttersubstanz des Poloniums bereits zerfallen ist. Im Gegensatze zu diesen Befunden am Blei zeigten spätere Arbeiten (1909 und 1910), in Übereinstimmung mit ähnlichen Untersuchungen anderer Autoren, daß die schwache, zuerst von *N. Campbell* konstatierte β-Strahlung des *Kaliums* und des *Rubidiums* an *diesen Elementen selbst* haftet, nicht an zufälligen Beimengungen noch unbekannter radioaktiver Stoffe; damit war die sehr auffallende Erscheinung wahrer Radioaktivität bei Elementen *nicht* großen Atomgewichtes wahrscheinlich gemacht.

Ferner sei noch hervorgehoben, daß *Elster* und *Geitel* im Jahre 1903 gleichzeitig mit *W. Crookes* und unabhängig von ihm den *szintillierenden* Charakter der von α-Strahlen in Sidotblende hervorgerufenen Fluoreszenz festgestellt hatten, eine Erscheinung, die bekanntlich für viele Probleme der Radioaktivität, z. B. die Zählung der α-Teilchen, grundlegend ist.

Ein weiteres Hauptarbeitsgebiet *Elsters* und *Geitels* war die *Lichtelektrizität*. Der Entdeckung von *Heinrich Hertz* (1887), daß ultraviolette Belichtung einer Funkenstrecke den Übergang der Funkenentladung begünstige, d. h. die Schlagweite vergrößere, beziehungsweise das Entladungspotential herabsetze, war bald (1888) eine Entdeckung von *Wilhelm Hallwachs* gefolgt, die einen viel weniger komplizierten, dem Grundphänomen der Lichtelektrizität viel näher stehenden Vorgang betraf, nämlich die lichtelektrische Zerstreuung negativer Ladungen, gewöhnlich kurz „Hallwachseffekt" genannt: *negativ*, nicht aber positiv geladene Leiter verlieren ihre Ladung bei ultravioletter Bestrahlung, wobei die chemische Natur- und Oberflächenbeschaffenheit des Leiters von Einfluß auf die Größe des Effektes ist.

Elster und *Geitel* begannen mit ihren lichtelektrischen Untersuchungen im Jahre 1889 und zeigten zunächst, daß gewisse Metalle, wie z. B. Zink, Aluminium und Magnesium, sowie deren Amalgame den Hallwachseffekt in merklichem Grade auch unter dem Einflusse *sichtbarer* Strahlen, speziell des Sonnen- und Tageslichtes, aufwiesen. Der Umstand, daß die genannten Metalle einen ausgesprochen *elektropositiven* Charakter haben, ließ sie vermuten, daß die elektrochemisch noch extremer stehenden Alkalimetalle den Hallwachseffekt in langwelligem Lichte noch stärker zeigen würden. In der Tat gelang es ihnen (1890), zunächst an Natriumamalgam, dann auch an metallischem Natrium, Kalium und Rubidium sowie an Amalgamen und Legierungen dieser Stoffe ihre Voraussetzung experimentell zu bestätigen, wobei recht beträchtliche technische Schwierigkeiten bei der Herstellung geeigneter „lichtelektrischer Zellen" zu überwinden waren. Auch unter den zahlreichen späteren lichtelektrischen Arbeiten *Elsters* und *Geitels* bis in die neueste Zeit hinein sind die meisten dem Zwecke gewidmet, die damals aufgetauchten Probleme bis in ihre letzten Konsequenzen zu verfolgen, nämlich erstens den Hallwachseffekt als Reagens auf Belichtung auszunutzen bis zur *äußersten Grenze der Empfindlichkeit* und bis zu *möglichst langwelligen* Strahlen, zweitens auf diesen Effekt eine möglichst exakte *Photometrie* zu gründen. Nach beiden Richtungen hin hatten sie vollen Erfolg.

Insbesondere gefärbte Oberflächenschichten, die bei geeignetem Verfahren sich an Kalium, auch an Natrium, Rubidium und Caesium bilden und die als feste Lösung kolloidalen Metalles in Metallhydrid zu deuten sind, erwiesen sich als ganz enorm empfindlich; eine Strahlung mit der Energiestromdichte von rund $10^{-7} \frac{\text{Erg}}{\text{cm}^2 . \text{sec}}$ konnte so durch ihre lichtelektrische Wirkung noch nachgewiesen werden; die darauf bezüglichen Arbeiten *Elsters* und *Geitels* reichen von 1910 bis 1914. Auch den Wellenlängenbereich, in dem die Alkalizellen empfindlich sind, konnten *Elster* und *Geitel* durch planmäßiges Vorgehen erweitern, bis schließlich (1911) der lichtelektrische Effekt, den man ursprünglich als eine Wirkung speziell des ultravioletten Lichtes angesehen hatte, nicht nur im ganzen sichtbaren, sondern — mittels einer Rubidiumzelle — selbst im *ultraroten* Teile des Spektrums konstatierbar war. Daneben liefen seit 1893 die Bemühungen *Elsters* und *Geitels*, die lichtelektrische Photometrie auszubauen. Die

Brauchbarkeit der Methode auch für Präzisionsmessungen wurde nachgewiesen, freilich gehörte eine Arbeitsweise, wie sie von *Elster* und *Geitel* gepflegt wird, dazu, die zahlreichen Fehlerquellen bloßzulegen und zu beseitigen. Für Sonnen- und Himmelslicht konstruierten sie das „Zinkkugelphotometer", dem später (1914) noch eine Kadmiumzelle an die Seite gestellt wurde; für schwächere Lichtquellen waren die so empfindlichen Alkalizellen das geeignete Instrument. Natürlich verfehlten *Elster* und *Geitel* nicht, auch hier wieder geophysikalische Anwendungen ihrer lichtelektrischen Ergebnisse vorzunehmen; sie untersuchten die Schwankungen in der Intensität des ultravioletten Teiles des Sonnen- und Tageslichtes und brachten sie in Beziehungen zu luftelektrischen Erscheinungen; mehrfach verfolgten sie messend die Lichtverhältnisse bei Sonnen- und Mondesfinsternissen. In neuester Zeit fanden die lichtelektrischen Photometer auch Eingang in die Astronomie, wo z. B. *P. Guthnick* (1914) interessante Resultate an veränderlichen Sternen mit ihnen erhalten konnte.

Aber auch nach einer mehr theoretisch wichtigen Richtung hin wurde die Lehre von der Lichtelektrizität durch *Elster* und *Geitel* mächtig gefördert; es sind das ihre Untersuchungen über den Einfluß des *Einfallswinkels* und der *Lage der Polarisationsebene* des Lichtes auf die Größe des lichtelektrischen Effektes. Bereits im Jahre 1894 begannen ihre Versuche an flüssiger Natrium-Kalium-Legierung, die mit linear polarisiertem Lichte bestrahlt wurde. Je nachdem die Schwingungen in der Einfallsebene oder senkrecht zu ihr lagen, war die Abhängigkeit des erzeugten lichtelektrischen Effektes vom Einfallswinkel eine verschiedene. Zusammenfassend kann man daraus den Schluß ziehen: erstens, daß der Betrag des *absorbierten* Lichtes maßgebend für den Effekt ist, zweitens, daß jene Komponenten der Lichtschwingungen, die senkrecht zur Oberfläche des bestrahlten Metalles stehen, eine weit größere Wirkung haben, als die zur Oberfläche parallelen Komponenten. Diese Feststellung ist an sich von Bedeutung für jeden Versuch, den Mechanismus der lichtelektrischen Vorgänge zu erklären; außerdem bildete sie das Fundament, von dem aus weiterbauend *R. Pohl* und *P. Pringsheim* zu der so wichtigen Unterscheidung zweier scharf zu trennender Arten des lichtelektrischen Effektes, des „normalen" und des „selektiven", gelangten.

In der Grundfrage nach der Natur des primären Vorganges bei der lichtelektrischen Elektronenemission vertraten *Elster* und *Geitel* (1910) die Auffassung, daß es sich hier um eine *Auslösung* einer im Atom des lichtelektrisch empfindlichen Körpers aufgespeicherten inneren Energie handle; ob diese Auffassung oder die von der Mehrheit vertretene Annahme einer unmittelbaren Umwandlung der absorbierten Lichtenergie in kinetische Energie der Elektronen die richtige ist, läßt sich bis heute nicht entscheiden und wird wahrscheinlich noch geraume Zeit ein Gegenstand der Hypothesenbildung bleiben; in jedem Falle aber werden die Ergebnisse *Elsters* und *Geitels* stets mit zu den grundlegenden für jede Theorie der Lichtelektrizität zu zählen sein.

Von lichtelektrischen Arbeiten, die mehr Einzelheiten betreffen, seien nachträglich noch erwähnt: Untersuchungen über die lichtelektrische Empfindlichkeit von Mineralien (1891), von Salzen, die entweder durch Kathodenstrahlen (1896) oder durch Becquerelstrahlen (1902) eine Verfärbung erlitten haben; ferner solche, die den hemmenden Einfluß eines Magnetfeldes auf den lichtelektrischen Entladungsvorgang feststellten (1890), endlich der Nachweis (1890 und erweitert 1896), daß im Gegensatze zu der von *Hertz* entdeckten Form der lichtelektrischen Beeinflussung einer Funkenentladung auch unter bestimmten Bedingungen eine Unterdrückung der Funkenentladung zugunsten einer Glimmentladung eintritt, und daß auch die Entladungsform in Geißlerröhren durch Belichtung verändert werde (1892).

Es ist eine charakteristische Eigentümlichkeit der Arbeitsweise *Elsters* und *Geitels* in allen ihren Forschungsgebieten, auf Probleme, die sie als theoretisch wichtig erkannten, geraden Weges loszugehen und dabei auftretende Schwierigkeiten experimenteller Natur nicht zu umgehen, sondern zu überwinden. Die Folge ist dann natürlich, daß eine Reihe von *Apparatkonstruktionen* sozusagen als Nebenprodukt abfällt. Die schrittweise vervollkommneten Formen der lichtelektrischen Photometer wurden bereits erwähnt. Die Untersuchungen über Elektrizitätszerstreuung in der Luft führten zu einer Vervollkommnung des Exnerschen Blättchenelektrometers, teils durch Verbesserung der Isolation, teils durch Erhöhung der Ablesegenauigkeit, und damit zu einem relativ billigen Instrumente, das sehr ausgedehnte Verwendung zuläßt und auch tatsächlich findet. Speziell luftelektrischen Messungen dient ein transportables Quadrantelektrometer mit photographischer Registrierung, im Jahre 1906 angegeben. Außerordentlich vielseitig ist wieder die Verwendbarkeit eines *Einfadenelektrometers*, das *Elster* und *Geitel* im Jahre 1909 konstruierten — im Prinzip ein Hankelsches, dessen Blättchen durch einen leitend gemachten Quarz- (eventuell Spinnweb-) faden ersetzt ist, und das relativ große Spannungsempfindlichkeit mit sehr geringer Kapazität verbindet, also eine sehr bedeutende Ladungsempfindlichkeit besitzt. Schließlich ist noch eine vereinfachte Konstruktion eines Teslatransformators (mit Luft- statt Ölisolation) zu nennen, die in zwar kleinerem aber für Unterrichtszwecke hinreichendem Maßstabe die Demonstration der bekannten Teslaerscheinungen gestattet.

Nur einen dürftigen Auszug aus einer alle Verdienste voll würdigenden Zusammenstellung der Leistungen konnten die vorstehenden Ausführungen geben; vielleicht genügen sie aber, auch dem

unserm Fache Fernerstehenden begreiflich zu machen, mit welchem Stolze die deutschen Physiker *Julius Elster* und *Hans Geitel* die ihrigen nennen und mit welcher Herzlichkeit sie ihren Glückwünschen zum 60. Geburtstage ein „Glückauf!“ für die Zukunft anschließen.

Julius Elsters und Hans Geitels Bedeutung für die atmosphärische Elektrizität.

Von a. o. Prof. Dr. Karl Bergwitz, Braunschweig.

Die Entwicklung der neueren Anschauungen der atmosphärischen Elektrizität ist eng mit zwei Namen verbunden, die in Physikerkreisen wohlbekannt und oft genannt sind und werden: *Julius Elster* und *Hans Geitel*. Es gibt nicht ein Gebiet der atmosphärischen Elektrizität, auf dem das Wolfenbüttler Forscherpaar nicht fruchtbringend und fördernd gewirkt hat. Mit einem Scharfsinn, den jeder bewundert, der in ihren zahlreichen Abhandlungen liest, haben *Elster* und *Geitel* es verstanden, immer die neuesten Anschauungen der Physik den Problemen der atmosphärischen Elektrizität anzupassen und sie für diese bahnbrechend zu verwenden.

Zunächst ist es die Entstehung der Niederschlagselektrizität, die sie fesselt, und für die sie eine Begründung geben. Dann beschäftigt sie das Problem des Erdfeldes. Fußend auf den Arbeiten *Exners*, erforschten sie dasselbe experimentell und theoretisch. *Börnsteins* Potentialmessungen im Ballon ließen sie erkennen, daß *Exners* und ihre photoelektrische Theorie des Feldes nicht haltbar sind. Sie wenden sich daher der *Linß*schen Fragestellung zu, wie es möglich ist, daß trotz andauernder Elektrizitätszerstreuung die negative Eigenladung des Erdkörpers erhalten bleibt. Sie prüfen zur Beantwortung dieser Frage die fast vergessenen Zerstreuungsmessungen von *Linß* mit verbesserten Methoden und Apparaten nach. Das gewissenhafte Verfolgen der gewonnenen Resultate gibt ihnen die klare Erkenntnis, daß die Elektrizitätsleitung der Luft nicht durch Staub oder Rauch bedingt ist, sondern lediglich auf einer Ionenführung beruht. Auf der Suche nach dem Ionisator, der allüberall genügend stark Ionen in der Atmosphäre erzeugt, finden sie als solche die radioaktiven Substanzen, deren Existenz sie in der Erde und in der Atmosphäre nachweisen. Durch Kombination der Tatsachen des Erdfeldes und der Ionisation der Atmosphäre gelangen sie zu der sogenannten Ionenadsorptionstheorie, die ihnen die Möglichkeit der Aufstellung eines rationellen Elektrizitätshaushaltes der Atmosphäre ermöglicht.

Weit würde ich den Rahmen des mir gesetzten Raumes überschreiten müssen, sollten alle Arbeiten *Julius Elsters* und *Hans Geitels* auf dem Gebiete der atmosphärischen Elektrizität genügend gewürdigt werden. Es muß deshalb genügen, nur einen kurzen Überblick über die Hauptarbeiten unserer beiden Jubilare zu werfen.

Das erste Arbeitsfeld *Elsters* und *Geitels* im Gebiete der atmosphärischen Elektrizität ist die Niederschlagselektrizität. Es ist ja auch ganz natürlich, daß Naturforscher wie unsere beiden Jubilare, die mit seltener Liebe und Begabung alle Vorgänge in der Natur beobachten und zu erforschen suchen, sich zu dem sehr schwierigen Problem der seit *Benjamin Franklins* Zeiten bekannten Gewitterelektrizität, die das interessanteste und glänzendste Schauspiel in der Natur bietet, hingezogen fühlten. In ihren ersten beiden Abhandlungen aus dem Jahre 1885 „Bemerkungen über den elektrischen Vorgang in den Gewitterwolken“ und „über die Elektrizitätsentwicklung bei der Regenbildung“ beschäftigen sie sich zunächst nur theoretisch mit der Frage nach der Wolkenelektrizität. Den Grund der Annahme einer kräftigen elektrischen Erregung durch eine regnende Wolke finden sie darin, daß eine jede Wolke, die sich zu Regentropfen verdichtete, ein selbsttätiger elektrischer Multiplikator wird, sobald nur der unteren Schicht derselben eine beliebige Ladung mitgeteilt wird. Die Ursache dieser Ladung ist die gewöhnliche elektrische Spannung der Atmosphäre, deren Existenz ja bereits außer Frage stand. Die Influenzwirkung eines Körpers in der Nachbarschaft der Wolke, die aus einzelnen voneinander isolierten Teilchen besteht, die also als solche kein „Leiter“ ist, wie man vorher immer annahm, scheidet zunächst nur die neutrale Elektrizität jedes einzelnen dieser Dunstteilchen. Beginnt nun der Regen, so tritt eine wesentliche Änderung des elektrischen Zustandes der Wolke dadurch ein, daß die größeren Tropfen, die eigentlichen Regentropfen, die durch das Zusammenfließen der Dunstteilchen entstehen, der Schwere gehorchend herabsinken, mit den kleinsten Teilchen in der Regel zusammenstoßen, aber nicht immer ineinander fließen. Die letzteren gleiten vielmehr nach leitender Berührung mit dem kugelförmigen Tropfen um ihn nach oben herum und verlassen ihn hier mit gleichnamiger Ladung der oberen Halbkugel. Jede regnende Wolke nimmt deshalb, wenn ihre untere Schicht positiv geladen ist, im ganzen eine positive Ladung an, indem die Regentropfen die negative Elektrizität zur Erde führen, zum Teil wohl auch die ursprünglich erregte Schicht neutralisieren. Dort, wo der Regenfall am stärksten ist, tritt ein Ansaugen der ungeladenen Luft ein, mit der die feinen positiv geladenen Wolkenelemente zusammenströmen. Hierdurch tritt zuerst eine Vermehrung der Raumdichte und infolgedessen eine Erhöhung der elektrischen Spannung ein, die nun ihrerseits wieder kräftig influenzierend auf die indessen neugebildeten, regnenden Wolkenmassen wirkt. So ginge das weiter bis zu den höchsten Spannungen fort, wenn nicht auch die positiven Teilchen zusammenflössen und als Regen herabfielen.

Im sogenannten „Zentrum der Wolke" geht somit ein positiver Regen nieder, während der weiteren Umgebung der Wolke negativer Regen entfällt. Die Quelle der Spannungserhöhung der Elektrizität in der Wolke ist lediglich die lebendige Kraft der fallenden Niederschläge. Es ist klar, daß es so zu weit verästelten Blitzschlägen zwischen positivem Zentrum und negativ weit ausgedehntem Wolkenrand kommen kann, oder noch zu komplizierteren Blitzbahnen, wenn mehrere Wolkenzentren vorhanden sind. In jüngster Zeit (1912 u. 1913) haben *Elster* und *Geitel* die vorstehende Auffassung der Entstehung der Wolkenelektrizität insofern modifiziert, als sie berücksichtigten, daß die Regentropfen in Wirklichkeit keine Kugeln, sondern parallel der Horizontalen abgeflacht sind. Die Folge hiervon ist, daß nun kein Herumgleiten der feinsten Wolkenelemente um den kugelförmigen Regentropfen eintreten kann, sondern das Stäubchen wird — falls keine Verschmelzung eintritt — an der untern abgeplatteten Seite abprallen und sich so im normalen Felde der Erde *positiv* — nach *Elsters* und *Geitels* früherer Ansicht negativ — aufladen. Durch die so bewirkte Vermehrung der positiven Elektrizität in der Atmosphäre tritt eine Feldverstärkung ein, indem bei jeder wirksamen Begegnung eines Regentropfens und eines Wolkenelementes im Felde immer mehr positive Teilchen entstehn. Solange also die Wolke regnet, lädt sie sich unter den angenommenen Bedingungen selbsttätig positiv auf. Es kommt nun noch hinzu, daß die frei werdenden Influenzladungen allemal der jeweiligen Feldstärke proportional sind. Was von der elektrisch wirksamen Begegnung der Regentropfen gesagt wurde, gilt natürlich auch von der zwischen Graupeln oder Schneeflocken. Da diese im allgemeinen in der höchsten Atmosphäre vorkommen, so fragt es sich, ob man nicht den eigentlichen Sitz der Gewitterelektrizität in denjenigen Wolkenschichten suchen muß, in denen feste Niederschläge vorhanden sind, eine Ansicht, die von vielen Meteorologen gebilligt wird. Im vierten Bericht des Vereins für Naturwissenschaften zu Braunschweig (1886) findet „die Frage nach dem Ursprunge der Wolkenelektrizität" eine der damaligen Zeit entsprechende, überaus übersichtliche Darstellung: Die elektrische Leitung, Anziehung und Abstoßung sowie die Influenz innerhalb einer Wolke unter der Voraussetzung, daß sie als Ansammlung getrennter, sehr feiner Wassertröpfchen, die in dem isolierenden Mittel, der Luft, schweben, aufzufassen ist, wird an dieser Stelle besprochen. *Elster* und *Geitel* kritisieren dann noch die bekanntesten Theorien der Wolkenelektrizität der damaligen Zeit und legen dann ihre eigene Theorie dar, in der sie die Quelle der Gewitterelektrizität in einer durch Regenbildung unterhaltenen, mit der einer Influenzmaschine vergleichbaren Tätigkeit der Wolken finden.

Mit ihrer Theorie begnügen sich *Elster* und *Geitel* nicht; sie suchen nach einer Prüfung, die sich natürlich nur aus Beobachtungen der Elektrizität der Niederschläge gewinnen läßt. „Es würde", so schreiben sie, „ganz im allgemeinen von großer Wichtigkeit sein, elektroskopische Beobachtungen über die elektrische Natur der Niederschläge zu erhalten, und zwar unter Ausschluß aller Influenzwirkungen. Allerdings müßten erst Methoden aufgefunden werden, die dieser letzten Bedingung genügen." Nun, *Elsters* und *Geitels* Verdienst ist es, als erste eine einwandsfreie Methode zur Messung der Elektrizität der Niederschläge ausgearbeitet und in der Praxis ausprobiert zu haben. Die Meßanordnung, die sich in der Abhandlung „Über eine Methode, die elektrische Natur der atmosphärischen Niederschläge zu bestimmen" (Meter. ZS. 5. Bd., 1888) findet, ist aus der beigefügten Fig. 1 zu erkennen: Eine kreisrunde, mit dem

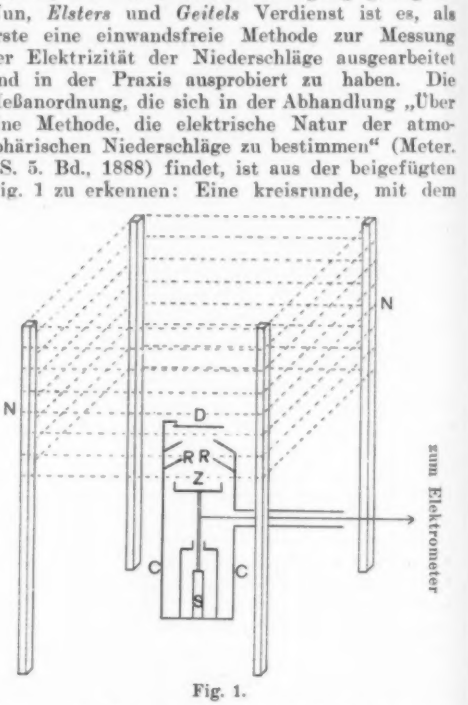

Fig. 1.

Elektrometer E verbundene Zinkscheibe Z (d = 23 cm) zum Auffangen des Niederschlages ist auf einem gut isolierten Mascartschen Stativ S befestigt, das gegen Wechsel des Erdfeldes durch einen Eisenblechzylinder C geschützt ist, der oben einen Kegelstumpfmantel trägt. D ist die Verschlußplatte, die beim Beginn der Messung vom Beobachtungsraume aus entfernt werden kann. Der konische Ring R im Innern des Eisenzylinders und das den ganzen obern Teil des Apparates umgebende geerdete Drahtnetz N sind lediglich Schutzvorrichtungen gegen Erdfeld und *Lenard*effekt. N soll bei genügender Entfernung vom Zylinder, so daß von ihm aus keine Störung durch *Lenard*effekt zu fürchten ist, lediglich die elektrische Dichtigkeit auf dem Rande des Zylinders auf ein Minimum herabdrücken. Da die Kapazität des ganzen Systems sich bestimmen läßt, kann durch Beobachtung des Elektrometerausschlages die

Ladung der die Zinkscheibe füllenden Niederschläge für eine gewisse Zeit bestimmt werden.

Während *Elster* und *Geitel* in der genannten Abhandlung einige mit Hilfe dieser Methode gewonnene Resultate zum Schluß nur kurz angeben, berichten sie in einer späteren Arbeit „Beobachtungen über die Eigenelektrizität der atmosphärischen Niederschläge" weitläufiger über die Ergebnisse ihrer Messungen, die sie zugleich mit solchen des elektrischen Feldes der Erde verbinden.

Als erstes Resultat finden sie: die Niederschläge, besonders bei Böen und Gewittern, führen ganz erhebliche Elektrizitätsmengen positiver und negativer Art mit sich. Sie laden das ganze Meßsystem in 5′ bisweilen auf ein Potential von mehreren hundert Volt, so daß im Maximum 76×10^{-14} Coulomb pro Sekunde dem qcm der Erdoberfläche zugeführt werden können. Hierbei stimmt das Vorzeichen der Niederschlagselektrizität mit dem der in unmittelbarer Nähe gemessenen Potentialgefälle in den meisten Fällen nicht überein; im Gegenteil, beide sind meistens entgegengesetzt. Als Grund dieses Zeichengegensatzes geben *Elster* und *Geitel* gemäß der genannten Theorie an, daß mit dem Niederschlagsfalle ein elektromotorischer Vorgang verbunden ist. Indem die *eine* Elektrizität durch Niederschläge zur Erde geführt wird, entsteht in der Atmosphäre ein stets wachsender Überschuß der entgegengesetzten. Ist also das erregende Feld das normale der Erde, d. h. positiv in der Richtung der Vertikalen, dann fallen große negativ geladene Tropfen, die Luft bleibt positiv zurück: das Feld wird verstärkt. Ist das erregende Feld negativ, so sinkt positiv geladener Regen herab, die Luft wird negativ, und es tritt eine Schwächung des Feldes ein. Das am Erdboden vorherrschende Potentialgefälle hat demnach nach Größe und Vorzeichen den entgegengesetzten Gang wie die von der Volumeneinheit des Niederschlages herabgeführten Elektrizitätsmengen. Gibt man den Verlauf der Niederschlagselektrizität und den des dazu gehörigen Potentialgefälles graphisch wieder, so ist die Kurve der ersteren im großen und ganzen das Spiegelbild von der des gleichzeitigen letzteren.

Bei den Messungen der Niederschlagselektrizität hatten *Elster* und *Geitel* so die Notwendigkeit erkannt, diese mit solchen des Erdfeldes zu verbinden. Es ist deshalb zu verstehen, daß dem Problem des Erdfeldes ihr nächstes Interesse galt. Sie sammelten zunächst rein beobachtungsmäßig nach der bekannten Exnerschen Methode ein reiches Material von Messungsresultaten des Potentialgefälles der Erde in Wolfenbüttel und auf dem hohen Sonnblick, um zahlenmäßig den Verlauf des Erdpotentials und seiner Veränderungen durch die meteorologischen Faktoren verfolgen zu können. Zugleich beabsichtigten sie, der Theorie *Exners*, der annahm, daß der aufsteigende Wasserdampf die negative Ladung von der Erde fortschaffe, während die Niederschläge sie wieder ihr zuführten, also daß die Schwankungen des Erdfeldes lediglich Funktionen des Wasserdampfgehaltes der Luft sind, auf den Grund zu gehen. Obwohl *Elster* und *Geitel* glaubten, für viele ihrer Beobachtungen eine leidliche Bestätigung der Exnerschen Formel gefunden zu haben, zumal die Zunahme des Potentials mit zunehmendem Wasserdampfgehalt, so blieb ihnen doch nicht verborgen, daß namentlich für geringe Werte des Dampfgehaltes der atmosphärischen Luft dieselbe unmöglich richtig sein konnte. Vor allem gab ihnen die Exnersche Theorie nicht genügend Aufklärung über die täglichen Variationen des Potentialgefälles, des ferneren erklärte sie die verschiedenen Werte des Potentialgefälles für trockene Luft im Sommer und im Winter nicht.

Die wichtigsten Resultate *Elsters* und *Geitels* aus den genannten Messungsreihen sind zunächst neben den zahlreichen Absolutwerten des Potentialgefälles des Erdfeldes kurz diese: Die Abhängigkeit des Potentialgefälles von der Luftreinheit (Einteilung in Dunstgruppen), ferner in Übereinstimmung mit anderen Luftelektrikern die jährliche Periode desselben (Maximum im Winter, Minimum im Sommer), die tägliche Doppelperiode (gegen Morgen und Abend ein Maximum, mittags ein Minimum, Verschiebung des Morgenmaximums mit zunehmender Jahreszeit), sodann geringere Schwankungen des Potentialgefälles auf dem Sonnblick.

Die Unstimmigkeiten ihrer Messungen mit der Exnerschen Formel, zugleich auch die Beobachtung gelegentlich der Niederschlagsmessungen, daß die benutzte Auffangschale aus Zink den Photoeffekt im *Tageslicht* zeigte, veranlaßten *Elster* und *Geitel* für das Potentialgefälle eine photoelektrische Formel aufzustellen. *Elster* und *Geitel* vermuteten — und Versuche an frischen Bruchstellen vieler Gesteine bestärkten sie in ihrem Glauben —, daß die photoelektrisch wirksamen Strahlen der Sonne beträchtliche Mengen negativer Elektrizität in die Luft überführen.

Um Potentialgefälle und wirksame Sonnenstrahlung miteinander vergleichen zu können, stellten sie zunächst das Zinkkugelphotometer her, mit dessen Hilfe der auf 1 qcm der Erdoberfläche fallende Teil der durch den photoelektrischen Effekt am Zink definierten Gesamtstrahlung J festgestellt werden kann. Die Fig. 2 zeigt ein solches Zinkkugelphotometer nach *Elster* und *Geitel*. Es möge genügen, die Bedeutung der wichtigsten Teile aus den beigeschriebenen Worten zu erkennen.

Das Potentialgefälle in der Richtung der Normalen wird von *Elster* und *Geitel* durch eine rein empirische, der Exnerschen nachgebildete Formel von der Art

$$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{a}{1 + b \, . \, J}$$

dargestellt, in der a und b empirisch bestimmte Größen sind. Die Übereinstimmung der Formel mit ihren Messungen, die *Elster* und *Geitel* in den

Sitzungsberichten der K. Akademie der Wissenschaften in Wien: „Beobachtungen des atmosphärischen Potentialgefälles und der ultravioletten Sonnenstrahlung" veröffentlichten, war eine leidliche und doch gaben sie dieselbe bald auf. Der Grund war der: *Exners* Theorie des Erdfeldes wie die photoelektrische *Elsters* und *Geitels* bedingen einen Gehalt der Luft an *freier* negativer Elektrizität, infolgedessen eine Zunahme des Potentialgefälles mit der Höhe zu erwarten ist. Beobachtungen im Ballon, zumal die von *Börnstein* ausgeführten, bewiesen nun aber das Gegenteil, nämlich eine *Abnahme* des Potentialgefälles mit der Wetter herbeiführte. Die große Wichtigkeit, die diese Zerstreuungsmessungen in Hinblick auf die Lösung der Frage nach der atmosphärischen Elektrizität und ihrer Abhängigkeit von andern meteorologischen Faktoren hatten, bestimmte *Elster* und *Geitel*, diese Versuche von *Linß* nachzuprüfen. Zu diesem Zwecke verbesserten sie zunächst die Methode der Beobachtungen und konstruierten dann leicht zu handhabende Apparate, deren Zusammensetzung unter dem Namen „Zerstreuungsapparat nach *Elster* und *Geitel*" in den Kreisen der atmosphärischen Elektriker weitgehende Verbreitung gefunden hat.

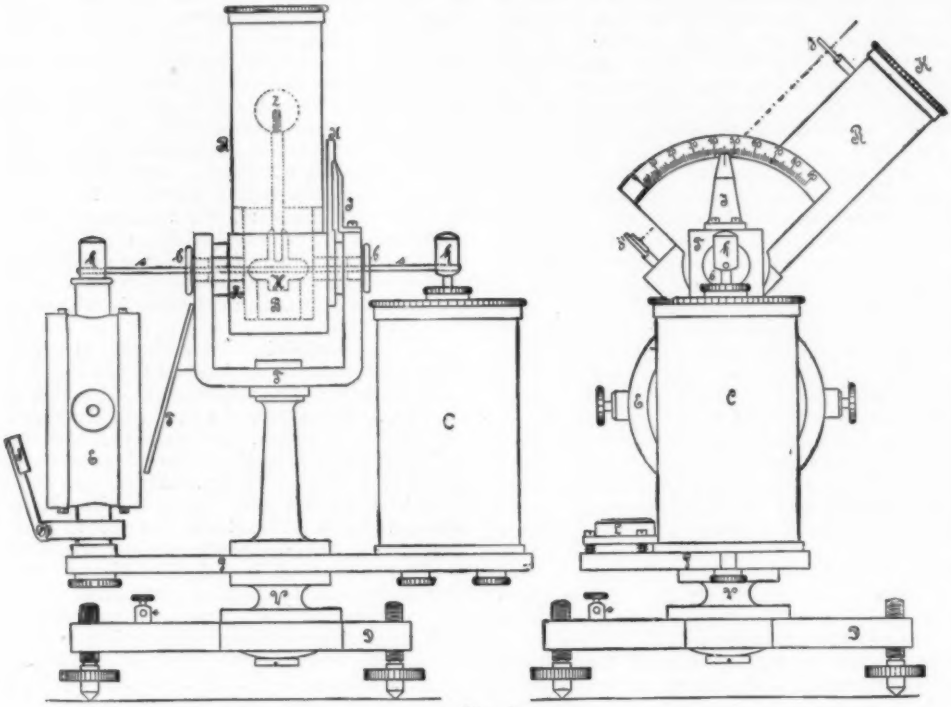

Fig. 2.

Höhe, was auf eine *positive* Raumladung der Luft schließen läßt. Daher waren beide Theorien nicht haltbar.

Es ist das große Verdienst *Elsters* und *Geitels*, in diesem Dilemma auf die damals bereits über 10 Jahre zurückliegenden und wenig beachteten Versuche von *Linß* in Darmstadt hingewiesen zu haben, der dort längere Zeit hindurch Zerstreuungsmessungen in der *freien* Atmosphäre ausgeführt hatte, um so über ihre elektrische Leitfähigkeit Aufklärung zu erhalten. Im Gegensatz zu *Coulomb* hatte *Linß* gezeigt, daß die atmosphärische Luft bei heiterem Wetter eine größere Zerstreuung als bei regnerischem

Der Zerstreuungsapparat, dessen Abbildung wir in Fig. 3 a u. b sehen, besteht aus einem Exnerschen Elektroskop *(E)*, das durch *Elster* und *Geitel* durch den geschickten Gedanken des Hineinlegens der Isolation in das Innere, durch Spiegelablesung, bequeme Trocknung ganz wesentlich verbessert ist. Der Blättchenträger *(b)* trägt zugleich auf einem kurzen Stücke den Zerstreuungskörper *(Z)*, einen geschwärzten Messingzylinder von 10 cm Länge und 6 cm Durchmesser. Ein geerdeter Schutzzylinder *(S)* von 14 cm Länge und 15 cm Durchmesser schützt den Zerstreuungskörper gegen Erdfeld, Sonnenlicht und Niederschläge. Die Handhabung des Apparates,

der auf seinem Transportkasten montiert wird, ist überaus einfach: Man ladet den auf dem Elektrometer aufsitzenden Zerstreuungskörper mit Hilfe der Zambonisäule auf ein bestimmtes Potential (V_0) und liest nach t Minuten die tiefere Spannung (V_t) ab. Ebenso verfährt man mit dem Elektroskop ohne Zerstreuungszylinder, um den Isolationsverlust über dem isolierenden Bernsteinfuß des Trägers festzustellen. V_0', V_t' seien die entsprechenden Spannungen und t' die Expositionszeit; man erhält dann den Zerstreuungskoeffizienten, d. h. die Abnahme der Ladung des Zerstreuungskörpers in Bruchteilen seiner Gesamtladung in der Minute, als:

$$a = \frac{1}{1-n}\left\{\frac{1}{t}\log\frac{V_0}{V} - \frac{n}{t'}\log\frac{V_0'}{V'}\right\}$$

In dieser Formel bedeutet n eine Konstante. Sie ist die Kapazität des Elektroskopes, ausgedrückt als Bruchteil der Kapazität des Gesamtsystemes, und läßt sich leicht durch einen Versuch bestimmen. Den positiven Zerstreuungskoeffizienten bezeichnen *Elster* und *Geitel* mit a_+, den negativen mit a_-, das Verhältnis mit

$$q = \frac{a_-}{a_+}.$$

Die Resultate, die *Elster* und *Geitel* mit ihrem Zerstreuungsapparate bei ihren zahlreichen Messungen an den verschiedensten Orten festgestellt haben, und die von ihren Schülern und andern Forschern in den entferntesten Gegenden bestätigt worden sind, sind kurz diese: Die negative Zerstreuung a_-, hervorgerufen durch die positive Ladung der Atmosphäre, ist im allgemeinen größer als die positive Zerstreuung a_+. Das Verhältnis beider (q) ist daher im allgemeinen größer als: 1. Während in der Ebene (Norddeutschland) und an den vor dem Erdfeld geschützten Stellen im Mittel $a_- = 1{,}3$, $a_+ = 1{,}2$, also $q = 1{,}1$ von ihnen gefunden wurde, stellten sie auf Bergspitzen bedeutend höhere Werte der a und q fest. Aus ihren Beobachtungen resultierte auch bereits die jährliche und tägliche Periode der Zerstreuung. Sie fanden nämlich, daß die Zerstreuung im Sommer (etwa Mai) ihr Maximum, im Winter dagegen ihr Minimum hat; am Tage beobachteten sie das Maximum in den Mittagsstunden. Weiter zeigen ihre Versuche eine mehr oder weniger direkte oder indirekte Abhängigkeit der atmosphärischen Zerstreuung von der Reinheit der Luft, der Stärke der Luftbewegung und Höhe der Lufttemperatur, besonders aber von der relativen und absoluten Feuchtigkeit derselben. Die Beobachtung der Abnahme der Zerstreuung in trüber Luft, besonders Nebel, zeigte ihnen, daß die ältere Theorie der Elektrizitätszerstreuung durch leitende Partikelchen (Staub) nicht haltbar war. Den wichtigsten Schluß aber, den unsere beiden Forscher aus ihren Beobachtungsreihen zogen, war die klare Erkenntnis einer auf freien Ionen beruhenden elektrischen Leitung der atmosphärischen Luft, wodurch sie einen scharf markierten Abschnitt in der Entwicklungsgeschichte der Luftelektrizität herbeiführten.

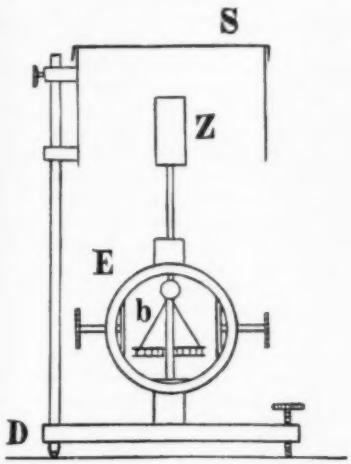

Fig. 3 a.

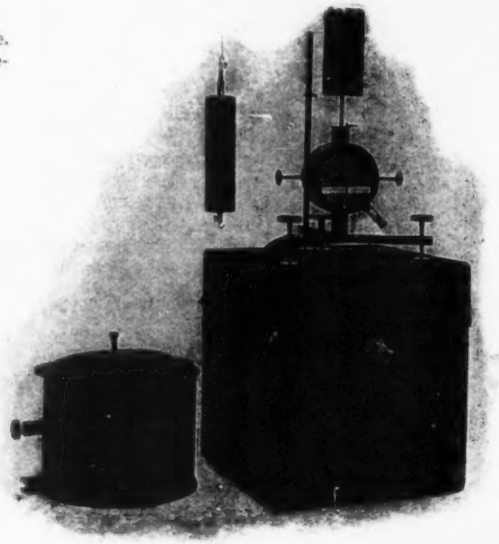

Fig. 3 b.

Elster und *Geitel* sprachen diese Ansicht zuerst in der Arbeit aus, in welcher sie den Zerstreuungsapparat beschreiben und ihre ersten Resultate diskutieren: „Die Ergebnisse", so

heißt es dort, „lassen sich am einfachsten übersehen unter der Annahme, daß die Luft *kleinste Teilchen von positiver und negativer Eigenladung* enthält, die durch ihre Berührung mit entgegengesetzt geladenen Körpern deren Entladung bewirken, und die (abgesehen von einem geringen Überschuß der positiven, durch deren Eigenelektrizität gerade die des Erdkörpers neutralisiert werden würde) in etwa gleichen Mengen vorhanden sind. Bei der Nebelbildung wirken sie als Kondensationskerne; hierdurch wird ihre Masse vergrößert und ihre Bewegung gehemmt. Bergspitzen, in denen die negative Elektrizität die größte Dichtigkeit hat, ziehen die positiven heran und verdrängen die negativen, in der Nähe von Wasserfällen überwiegen infolge von *Lenard*effekt dagegen die negativen."

In der bald darauf folgenden Arbeit, einem Referat ihrer Zerstreuungsmessungen im *Terrestral Magnetism* sprechen sie es direkt aus, daß sie von der Existenz elektrischer Ionen in der Atmosphäre fest überzeugt sind: „Auf jeden Fall", so heißt es am Schlusse der genannten Abhandlung, „scheint uns die Annahme freier Ionen in der Atmosphäre die geeignetste Grundlage für eine rationelle Theorie der atmosphärischen Elektrizität zu sein."

Eine Anzahl von Versuchen im Laboratorium mit künstlich ionisierter Luft und Parallelversuchen in der freien Atmosphäre, indem sie den Zerstreuungsapparat ohne Schutzdach in einen Drahtkäfig setzten, der bald dasselbe, bald das entgegengesetzte Vorzeichen wie der Zerstreuungskörper erhielt, bekräftigte noch ihre ausgesprochene Ansicht von der Leitfähigkeit der atmosphärischen Luft durch den Gehalt an freien in ihr schwebenden Ionen.

Ferner gelang *Geitel* der Nachweis des Sättigungsstroms in abgeschlossenen Luftmengen. Die Existenz des Sättigungsstroms in gewöhnlicher Luft liefert uns den strengsten Beweis dafür, daß die Luft unter den tatsächlich auf der Erde obwaltenden Verhältnissen sich wie ein ionisiertes Gas verhält.

Noch eine kurze Bemerkung zum Elsterschen und Geitelschen Zerstreuungsapparat möge hier gemacht werden. Für den vielverwandten und ob seiner bequemen Handhabung bei allen Beobachtern beliebten Apparat gilt, wie einige Physiker nachwiesen, bei aufgesetztem Schutzdache nicht das Zerstreuungsgesetz von *Coulomb*, das in der Formel für a ja seinen Ausdruck findet. Die Entladungsgeschwindigkeit ist der jeweiligen Ladung nicht proportional, da zwischen geerdetem Schutzdach und Zerstreuungskörper Sättigungsstrom herrscht. Infolgedessen ist der Zerstreuungskoeffizient von der angelegten Anfangsspannung nicht unabhängig. Es kommt noch hinzu, daß die Luft innerhalb des Zerstreuungsraumes durch den Wind beeinflußt wird, so daß der Zerstreuungskoeffizient von der Windstärke abhängt. *Elster* und *Geitel* haben die Mängel, die ihrem Zerstreuungsapparat anhaften, selbst erkannt und hervorgehoben[1]). Speziell die Anwendung des Schutzzylinders erklären sie als einen Notbehelf, der durch die Existenz des Erdfeldes aufgenötigt wird. Vielfache Verbesserungsvorschläge haben diese Mängel zwar beschränkt, aber durchaus nicht aufgehoben[2]). *V. Schweidler*[3]) hat übrigens nachgewiesen, daß die ohne Schutzdach gewonnenen Zerstreuungskoeffizienten der absoluten Leitfähigkeit der Luft proportional sind.

Nachdem *Elster* und *Geitel* den ständigen Gehalt an Ionen als Eigenschaft der atmosphärischen Luft erkannt hatten, ergab sich die Frage nach ihrer Herkunft von selbst. Zunächst nahmen sie einen gewissen Betrag der Ionisierung der atmosphärischen Luft als mit ihrer Natur verbunden an. Auffallenderweise fand sich bei von *Geitel* ausgeführten Zerstreuungsmessungen an einer abgeschlossenen Luftmenge eine geringe, aber sicher nachweisbare Zunahme der elektrischen Zerstreuung mit der Zeit, die erst nach einigen Tagen ihr Maximum erreichte. Angestellte Versuche ergaben keinerlei Anhalt zu der Annahme, daß dieser Zerstreuungsanstieg etwa durch allmähliche Ausfällung des Staubes verursacht werde. Wenn es nun eine allgemeine Eigenschaft „gealterter" Luft war, das Maximum des Ionengehalts zu zeigen, so mußte dasselbe an solcher Luft, die in Höhlen und Kellern stagnierte, von vornherein gefunden werden. Beobachtungen in der Baumannshöhle im Harz oder solche in Kellerräumen ergaben tatsächlich einen Ionengehalt, der den normalen der atmosphärischen Luft bei weitem überstieg. Hier drängte sich den beiden Forschern die Analogie mit emanationshaltiger Luft auf, die, in einem Behälter eingeschlossen, aus bekannten Ursachen ebenfalls einem Ionisationsmaximum zustrebt. Dies war der Gedankengang, der *Elster* und *Geitel* zu der Annahme leitete, daß in der atmosphärischen Luft radioaktive Emanationen enthalten sein könnten; die Radioelemente selbst, aus denen diese stammten, waren — wie die Beobachtungen in Höhlen zeigten — im Erdboden zu suchen.

Die nächsten Arbeiten *Elsters* und *Geitels* beziehen sich folgerichtig auf den direkten Nachweis der radioaktiven Substanzen auf der Erde. Ihre überaus glückliche technische Begabung formt zunächst den Zerstreuungsapparat in passendster Weise um, und mit Hilfe dieser Einrichtung gelingt es ihnen — nach den bekannten Versuchen von *Rutherford* — auf negativ aufgeladenen Drähten das Vorhandensein radioaktiver Substanzen in der *freien*

[1]) Wien. Ber. Bd. C XI Abt. IIa (Juli 1902), S. 5—8. Über Methoden zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der atm. Luft usw. Protokoll d. luftelektrischen Kommission, Hamburg 1904.

[2]) Vergl. zu dieser Frage: *J. Salpeter*, Wien. Ber. *108*, S. 1163 (1909) u. *109*, S. 108 (1910), bs. *W. F. S. Swann*, Terr. Mag. *19*, 23 (1914).

[3]) S. *Mache* u. *v. Schweidler*, Die atm. Elektrizität. (Braunschweig, Vieweg & Sohn 1909), S. 64 f. f.

Luft, im verstärkten Maße in der Höhlenluft und der aus dem Erdboden aufgesaugten Luft nachzuweisen. Schlamm und Erdproben geben ebenfalls Emanation ab; und es gelingt den Forschern sogar auf chemischem Wege die aktive Substanz so anzureichern, daß ihre Identität mit Radium nachgewiesen werden konnte.

Die überaus kühne Vermutung *Elsters* und *Geitels*, daß die radioaktiven Substanzen fast in allen Gestein- und Erdproben, allerdings in geringen Mengen, vorhanden sind, und infolgedessen auch in der Atmosphäre, den Gewässern und den Niederschlägen, wurde somit von ihnen in glänzendster und schlagendster Weise bestätigt.

Parallel den Betrachtungen *Elsters* und *Geitels* über Niederschlagselektrizität, Erdfeld, Elektrisatoren und Ionisatoren der Atmosphäre geht das Streben nach einer theoretischen Erklärung für die Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität auf Grund ihres reichen Beobachtungsmaterials. Es handelt sich für sie um die Verknüpfung zweier Erfahrungstatsachen: der im ganzen konstanten negativen Eigenladung des Erdkörpers (der Ursache des Erdfeldes) und der ständigen Ionisierung der Luft. Der Gedankengang *Elsters* und *Geitels* ist kurz folgender: Ionisierte Luft ladet beim Kontakt mit isolierten Leitern diese negativ auf; bekanntlich eine Folge der größeren Beweglichkeit der negativen Ionen. Diese spontane Ladung hat einen Grenzwert, der dann eintritt, wenn das den Körper umgebende elektrische Feld so stark geworden ist, daß es durch Beschleunigung der positiven Ionen den Unterschied ihrer Beweglichkeit gegen die negativen ausgleicht. Darf man nun voraussetzen, daß auch die Luft der freien Atmosphäre mehr negative als positive Ionen an den Erdkörper abgibt, so wäre die negative Eigenladung der Erde und die Existenz des normalen elektrischen Feldes der Atmosphäre von selbst gegeben. Die Grenze der Erdladung ist wiederum erreicht, sobald jenes Feld, das die Folge eben dieser Ladung ist, den trägeren positiven Ionen eine so weit gesteigerte Geschwindigkeit mitteilt, daß die freiwillige Zuströmung der negativen Ionen neutralisiert wird.

Die Einwanderung der negativen Ionen denken sich *Elster* und *Geitel* vorzugsweise an solchen Orten, die gegen das Erdfeld geschützt sind; das sind vornehmlich die mit Vegetation bedeckten Gebiete. „An allen geschützt liegenden Orten strömt die negative Elektrizität unausgesetzt aus der Luft in die Erde ein, um an allen freigelegenen, insbesondere den Berggipfeln, durch die in dem entstandenen Felde wandernden, positiven Ionen neutralisiert zu werden. Dabei ist die gesamte Ladung der Erde als Weltkörper nach außen gleich Null, indem die negative der leitenden Erdoberfläche der positiven, in der Atmosphäre enthaltenen komplementär ist. Da die negative Bodenelektrizität, einmal auf die Erde übergegangen, sich auf deren Oberfläche überallhin verbreiten kann, so geschieht ihr Ersatz in stationärer Weise so, daß die gesamte Ladung des eigentlichen Erdkörpers *konstant* bleibt. Dagegen ist das luftelektrische Potentialgefälle an einem bestimmten Orte von den lokalen Verhältnissen, der Gestalt der Erdoberfläche und der Menge der freien Ionen in der darüber lagernden Luft abhängig."

In dieser hier kurz mit ihren eigenen Worten skizzierten Theorie stellen *Elster* und *Geitel* zum ersten Male einen rationellen Versuch auf, den sogenannten Elektrizitätshaushalt der Atmosphäre auf ihre physikalischen Eigenschaften zurückzuführen.

Diese unter den Theorien der atmosphärischen Elektrizität als Adsorptionstheorie *Elsters* und *Geitels* bezeichnete Erklärung der Regenerierung der negativen Erdladung hat überaus befruchtend und anregend gewirkt. Mancher Zusatz ist zwar noch zu ihr hinzugefügt, aber das Fundament dieser auf gesicherten Erfahrungstatsachen aufgebauten und deshalb wohl auch aussichtsreichsten Theorie verdanken wir allein dem physikalischen Scharfsinn unserer beiden Jubilare *Julius Elster* und *Hans Geitel*[1]).

Übersicht über die Elster- und Geitel-Festschrift.

(Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1915, 719 S.)

Quincke, G., Über elektrische Schatten und die abklingende Absorption elektrischer Strahlen durch Isolatoren.

Die Emanationen negativ elektrischer Strahlen werden von isolierenden Substanzen mit periodischen Schwankungen absorbiert, ähnlich wie Wasser von aufquellender Leimgallerte.

Budde, E., Beziehungen zwischen skalaren und vektoriellen Potentialen.

Verfasser betrachtet zunächst Vektoren, die gleichzeitig quellenfrei und wirbelfrei sind, spricht den Satz aus, daß vieldeutige Potentiale im Außenraum des erzeugenden Körpers durch Vektorpotentiale ersetzt werden können, gibt Erwägungen über Vektoren, für welche das Element des Linienintegrals integrierende Faktoren besitzt und behandelt dann näher den Spezialfall von Vektorpotentialen, deren Vektorlinien gegen eine Gerade zentriert sind.

Freundlich, H., und H. Kaempfer, Über Unterschiede im Verhalten des Thoriums, verglichen mit anderen Fremdstoffen bei der Beeinflussung der Adsorption des Uran X_1 durch Kohle.

Das mit UX_1 isotope Th vermag wie dieses und im Gegensatz zu anderen Fremdstoffen (Benzoesäure, Strychninnitrat u. a.) ins Innere der Kohle zu dringen und deshalb das UX_1 auch bei *nachträglichem Zusatz* von der Kohle zu verdrängen, wozu die anderen Fremdstoffe gleichfalls nicht imstande sind. Im benutzten $Th(NO_3)_4$ schien noch ein anderer Stoff zu sein — vielleicht Radiothorium —, der ebenfalls das UX_1 stark verdrängte. Es wurde eine Methode ausgearbeitet, um

[1]) Literaturnachweise (1885—1915) siehe Heft 30.

auf Grund der Verdrängung des UX_1 von der Kohle die Adsorption wirksamer Fremdstoffe an der Kohle zu messen.

Hauser, F., Ein einfacher Zerreißapparat für Unterrichtszwecke.

Voigt, W., Über das magnetische Moment einer zirkularpolarisierten Lichtwelle.

Es wird das magnetische Moment berechnet, welches innerhalb eines absorbierenden Körpers entsteht, wenn die in ihm vorhandenen (gebundenen) Elektronen durch eine zirkularpolarisierte Welle in Bewegung gesetzt werden. Dies Moment findet sich bei plausiblen Voraussetzungen so klein, daß sich dadurch der negative Erfolg aller Versuche seines experimentellen Nachweises vollkommen erklärt.

Berndt, G., Atmosphärische Elektrizität über dem Meere.

Die bis jetzt vorliegenden luftelektrischen Beobachtungen auf dem Meere haben das Resultat ergeben, daß dort Ionengehalt, Leitfähigkeit, Ionenbeweglichkeit und auch der Gehalt der Luft an radioaktiven Substanzen fast dieselben Werte wie über dem Festlande haben, und daß sie mit der Entfernung vom Festlande abnehmen. Eine der Ursachen hierfür ist die durch den Wind vom Lande aus über das Meer getragene Emanation, welche etwa 1 Ion/cm³ . sec erzeugt. Eine zweite Quelle, die 1,5 Ionen liefert, ist die außerirdische durchdringende Strahlung. Die für den Elektrizitätshaushalt der Atmosphäre über dem Meere noch fehlenden 2,6 Ionen werden wahrscheinlich durch die Zerspritzung des Wassers an den Wellenkämmen und an der Küste gebildet.

Burstyn, W., Die Verschlechterung der Löschwirkung eines Kondensators durch einen Vorschaltwiderstand.

Riecke, Eduard (†), Zur Elektronentheorie der thermoelektrischen und elektrothermischen Erscheinungen.

Den Inhalt dieser schönen, 30 Seiten starken Abhandlung *E. Rieckes*, seiner letzten, erkennen wir aus seiner Einleitung: „Ich habe in die Rechnungen meiner früheren (1896) gegebenen Theorie des Galvanismus und der Wärme das Maxwellsche Verteilungsgesetz eingeführt; zugleich habe ich mit *Lorentz* angenommen, daß im Innern des Metalles keine positiven Elektrizitätsträger existieren, sondern nur freie Elektronen; ihre lebendige Kraft setze ich nach *Drude* gleich αT. . . . . Das Ergebnis ist die vollkommenste Übereinstimmung zwischen meiner Theorie und der von *H. A. Lorentz;* die entsprechenden Formeln sind identisch bis in die kleinsten Einzelheiten. Das ist eine Gewähr für ihre Richtigkeit, denn die Wege, auf denen sie in der einen und in der andern Theorie gewonnen werden, sind so verschieden wie möglich." *(K. Bergwitz.)*

Schulze, F. A., Beiträge zu der Regel von der Konstanz der molekularen inneren Ausdehnungsarbeit von Flüssigkeiten bei Erwärmung.

Mache, Heinrich, Über die Korrekturen bei der elektrometrischen Messung schwacher Ionisationsströme und über die Bestimmung kleiner Kapazitäten.

Wiedemann, Eilhard, Anschauungen von muslimischen Gelehrten über die blaue Farbe des Himmels.

Es werden die Anschauungen des arabischen Philosophen *Lindî* (gest. ca. 870 n. Chr.) und eines ägyptischen Juristen *Qarâfî* (gest. ca. 1283/84 n. Chr.) besprochen. Beide kommen zu dem Ergebnis, daß die blaue Farbe nicht eine wirkliche, dem Himmel eigentümliche ist, sondern aus der Mischung der Dunkelheit des Himmels mit dem Lichte der durch das Licht der Sonne leuchtend gemachten Staub-, Dunst- usw. Teilchen in der Luft entsteht.

Dann wird noch die Lösung zweier Fragen von *Qarâfî* mitgeteilt, nämlich: Warum erscheint das Meer blau, während doch, wenn es in einzelne Teile zerlegt wird, ein jeder von diesen weiß erscheint? und: Zerkleinert man Glas, so erscheint es weiß, nicht zerkleinert schwarz, grün oder andersfarbig; was ist an diesen beiden Farben richtig und was falsch?

Schmidt, K. E. F., Über Gleichgewichtsstörungen der Luftelektrizität.

Die Notiz gibt in kurzen Zügen die auf der physikalischen Versuchsstation Halle-Cröllwitz 1906—1914 erhaltenen Resultate. Beobachtet sind diese Störungen auf allen Teilen der Erdoberfläche und bis in Höhen von 7000 m. Sie weisen je ein Minimum zur Zeit des Sonnenauf- und -unterganges auf; sie haben ein kleineres Tages- und ein großes Nachtmaximum. Die Zahl der Störungen ist im Sommer am größten, im Januar und Februar sinkt sie auf ein tiefes Minimum. Bemerkenswert ist der Parallelismus zu den Potentialstörungen; nachweisbar war ein Zusammenhang mit einigen meteorologischen Elementen.

Starke, H., Zerspritzen von Metallen in Entladungsfunken.

Während Aluminium und Eisen in kurzen Entladungsfunken großer Kondensatoren lebhaft zerspritzen, zeigen andere Metalle, wie z. B. Blei und Cadmium, diese Erscheinung nicht. Der Funkenknall, der bei gewöhnlichen oxydierten Bleielektroden außerordentlich laut ist, verschwindet fast völlig bei frischer Oberfläche. Die Bahnen der zerspritzten Metallteilchen weisen, wie photographische Wiedergaben zeigen, merkwürdige Knicke auf, ähnlich wie sie *C. T. R. Wilson* an den Bahnen von α-Strahlen nachgewiesen hat.

Gockel, A., Über den elektrischen Leitungsstrom Atmosphäre—Erde.

Auf Grund von gleichzeitig gemachten Messungen des elektrischen Vertikalstromes in Altdorf (Uri) und Freiburg (Schweiz) wird die Abhängigkeit dieses Stromes von Tages- und Jahreszeiten und den meteorologischen Faktoren besprochen. Der Strom erweist sich lokal stark beeinflußt, besonders von Dunst- und Stratusschichten, weniger von den Sonnenstrahlungen.

Meyer, Stefan, Einige Bemerkungen über Atomeigenschaften.

1. Es wird gezeigt, daß isotope Elemente (RaG und Pb) gleiche magnetische Suszeptibilität haben.

2. Die Atomvolumenkurve ergibt bei Berücksichtigung der neueren Anschauungen über den Bau der Atome keinen kontinuierlichen Verlauf, sondern zeigt sich aus gegeneinander verschobenen Stücken zusammengesetzt.

3. Es finden sich deutliche Beziehungen für die Produkte einer radioaktiven Zerfallsreihe mit dem Atomvolumen; die Stabilität (Lebensdauer) wächst mit sinkendem Atomvolumen.

Lampe, E., Die Zykloide als Brachistochrone, verglichen mit andren Bahnen zwischen demselben Anfangspunkt O und demselben Endpunkt P.

Stark, J., Zerlegung von Serienlinien und Elektronenzahl im Atom.

Aus dem Vergleich der elektrischen Zerlegungen der Wasserstoff- und der Heliumlinien wird gefolgert, daß im Wasserstoffatom mehr Elektronen als eines enthalten sind.

Kalähne, A., Über Sinusschwingungen mit nichtlinearen Kraftgesetzen.

Pohl, Robert, Über den selektiven Photoeffekt des Bariums.

Spiegel aus Ba, die durch Destillation des Metalles im Vakuum hergestellt sind, zeigen einen typischen selektiven Photoeffekt, der verschwindet, sobald man natürliches oder polarisiertes Licht so einfallen läßt, daß der elektrische Lichtvektor keine zur Metalloberfläche senkrecht schwingende Komponente besitzt. Der selektive Photoeffekt ist somit nicht auf die Gruppe der Alkalimetalle beschränkt, und überdies bietet Ba zum ersten Male die Möglichkeit, die Eigenschaften des selektiven Effektes an einem *festen Metallspiegel* zu untersuchen.

Meyer, Edgar, und Walther Gerlach, Über die Gültigkeit der Stokesschen Formel und die Massenbestimmung ultramikroskopischer Partikel.

Läßt man Pt-Partikel (im elektrischen Funken hergestellt) in Luft von verschiedenem Druck fallen, so kann die Fallgeschwindigkeit durch keines der bisher bekannten Widerstandsgesetze dargestellt werden. Derartige Teilchen dürfen daher nicht zur Bestimmung des elektrischen Elementarquantums oder der Brownschen Bewegung verwandt werden, wenn dabei die Masse der Partikel aus einem der Widerstandsgesetze berechnet werden muß.

Laue, M. v., Die Wanderung von Unstetigkeiten in elektrolytischen Lösungen.

Die mathematische Theorie der Bewegung scharfer Grenzflächen in Lösungen zweier Elektrolyte mit einem gemeinsamen Ion ist von *F. Kohlrausch* und *H. Weber* mit der Beschränkung behandelt worden, daß es sich dabei um vollständig dissoziierte Lösungen handelt. In der vorliegenden Untersuchung wird gezeigt, daß sich die für den Versuch wesentlichen Ergebnisse dieser Theorie auf beliebig konzentrierte Lösungen übertragen lassen, wenn man nur in der Formel für die Wanderungsgeschwindigkeit die Konzentration der Ionen durch die ganze Konzentration der Ionen und der undissoziierten Molekeln ersetzt. Sind ferner die Ionenbeweglichkeiten mit der Konzentration veränderlich, so kann man durch Beobachtung scharfer Grenzflächen in Lösungen eines einzigen Elektrolyten und ihrer Wanderung die Unterschiede in den Beweglichkeiten bestimmen.

Przibram, Karl, Einige Versuche mit Nebeln.

Im Anschluß an einen früher beschriebenen Versuch zur Demonstration der Reichweite der α-Strahlen werden einige weitere Demonstrationsversuche zum Kapitel der Gasionen angegeben, bei denen Salmiak- und andere Nebel als Indikatoren für Ionisierungsvorgänge verwendet werden.

Köhler, Wolfgang, Über elektromagnetische Erregung des Trommelfelles.

K. sucht nach einer Methode, die erlaubt, willkürlich gewählte Reize auf das Ohr einwirken zu lassen. Er glaubte, zu diesem Zwecke eine lichtelektrische Zelle nach *Elster* und *Geitel* benutzen zu können, durch die er wie *Bergwitz* mit Hilfe einer Bogenlampe und einer Lochsirene intermittierende Ströme auslöst, die sich im Telephon bemerkbar machen. Statt des Telephons nimmt *K.* einen kleinen Elektromagneten, den er direkt auf das mit Eisenspänen armierte Trommelfell wirken läßt. *K.'s* Resultat, das er zunächst durch Erregung des Elektromagneten durch Unterbrecher erhielt, ist, daß die so erhaltenen Töne von anderen auf gewöhnlichem Wege dem Trommelfell übermittelten nicht zu unterscheiden sind, außerdem folgen sie Frequenzänderungen des Unterbrechers leicht und sicher. Zum Schluß führt *K.* noch zwei Modifikationen seiner Methode an.

(K. Bergwitz.)

Meyer, Richard, Pyrogene Acetylenkondensationen.

Nach kurzer Zusammenfassung der bereits veröffentlichten Ergebnisse wird mitgeteilt, daß zu den aus dem „Acetylenteer" isolierten Kohlenwasserstoffen nun das *Fluoranthen* gekommen ist. Ferner wurde durch Kondensation von Acetylen mit Schwefelwasserstoff *Thiophen* gewonnen, und aus Acetylen und Wasserdampf kleine Mengen von *Phenol*. Die Zahl der durch pyrogene Acetylenkondensation erhaltenen Bestandteile des Steinkohlenteers ist dadurch auf 26 gestiegen, und es kann nicht bezweifelt werden, daß dieser Vorgang bei der Bildung der Teerbestandteile in der Gasretorte eine wesentliche Rolle spielt.

Poske, F., Die Zentrifugalkraft im Unterricht.

F. Poske erörtert eine didaktische Frage, die Behandlung der Zentrifugalkraft im Unterricht. Er zeigt, wie sich die Größe der Zentrifugalkraft im Anschlusse an die ursprüngliche Betrachtungsweise von *Huygens* sowohl auf infinitesimalem wie auf elementarem Wege ableiten läßt, und wie dadurch die Schwierigkeiten vermieden werden, die der üblichen Ableitung anhaften.

du Bois, H., Die Einrichtung physikalischer Privatlaboratorien.

Im Anschluß an die Arbeiten der Herren *Elster* und *Geitel* werden die Leistungen anderer Privatgelehrten gewürdigt und die allgemeineren Gesichtspunkte erörtert, welche beim Bau und Betrieb ihrer Arbeitsstätten in Betracht kommen. Die Kleinstadt mit ihrem Eigenhaus bietet manche Vorzüge. Demgegenüber steht die Großstadt mit anderen Vorteilen. Das moderne Miethaus mit seinen Leitungen für Leuchtgas, Heizgas, Leuchtstrom, Kraftstrom, Kaltwasser, Heißwasser, Dampf, Zentralheizung, Saug- und Preßluft bildet an sich bereits eine Art Laboratorium. An einem Beispiel wird Ausbau und innere Einrichtung eines solchen erläutert.

Mie, Gustav, Das Prinzip von der Relativität des Gravitationspotentials.

Die Tatsache, daß das Gravitationspotential in den Grundgleichungen der Atherphysik als selbständige Zustandsgröße auftritt, trotzdem aber im allgemeinen auf die materiellen Vorgänge keinen bemerkbaren Einfluß hat, führt zu der Annahme des folgenden Prinzips: „In zwei Räumen von verschiedenem Gravitationspotential können genau dieselben Vorgänge nach genau denselben Gesetzen ablaufen, wenn man sich nur die Maßeinheiten mit dem Wert des Gravitationspotentials in passender Weise geändert denkt." Der Satz von der Proportionalität der schweren und der trägen Masse ist (wenigstens in sehr guter Näherung) nur eine Konsequenz aus diesem Prinzip.

Schlink, W., Über Windverhältnisse hinter Luftschiffhallen mit kreisrunder und rechteckiger Grundrißfläche.

Um den Wert von radialen Windschutzwänden bei Luftschiffhallen mit runder Grundrißform festzustellen und die Windverhältnisse hinter ihnen und solchen mit rechteckigem Grundriß zu erkennen, wurden an einer Reihe von Modellen im Göttinger Luftkanal Untersuchungen angestellt. Es zeigte sich, daß radiale Windschutzwände allein keine ausreichende Verbesserung im Windschatten bringen, daß hierzu vielmehr noch besondere Anordnungen auf dem Dache notwendig sind, die eine Ablenkung der Windströmung bewirken. Es wurden deshalb weitere Modelle mit Gitterwänden auf dem Dache untersucht; nach den gefundenen Ergebnissen wurden Flächen gleicher Windgeschwindigkeit aufgezeichnet und zwar für 3 Rundhallenmodelle mit kurzen und längeren Windschutzwänden sowie ohne solche und für eine rechteckige Halle, und auf Grund dieser Flächen ein Vergleich zwischen den Wirkungen der Modelle gezogen. Eine Erörterung darüber, wieweit die Ergebnisse Bedeutung für die Verhältnisse der Wirklichkeit haben, ist angeschlossen.

Valentiner, S., Zur Gasadsorption der Holzkohle.

Es handelt sich in der Notiz um einen Vorlesungsversuch über Gasadsorption an Glas und Holzkohle. Am anderen Ende einer evakuierten Glasröhre befindet sich ausgeglühte Holzkohle. Durch Erwärmen der Kohle werden die Luftreste aus der Kohle vertrieben und setzen sich an die kälteren Glaswandteile; beim Umkehren der Röhre werden durch die anhaftenden Luftreste die Kohleteilchen an allen Teilen der Glaswand festgehalten, die nicht mit erwärmt worden sind.

Schames, Léon, Vergleich der van der Waalsschen mit der rein thermodynamischen Zustandsgleichung und eine neue Methode zur Bestimmung der kritischen Größen, der Grenzdichten und der Inversionskurven.

Der Vergleich der van der Waalsschen mit der rein thermodynamischen Zustandsgleichung zeigt, daß erstere den Boylepunkt exakt, den Inversionspunkt angenähert wiedergibt, wobei die reduzierten Größen von Druck und Volumen, nicht aber die Temperatur, als korrespondierende zu betrachten sind. Die durch den Boylepunkt gehenden charakteristischen Kurven zeigen solche Gesetzmäßigkeit, daß die kritischen Größen und die Grenzdichten hieraus zu bestimmen sind. Auch die Inversionskurven lassen sich lediglich aus den Isothermen ableiten.

Treten außer dem festen Zustand noch n-Modifikationen auf, so wird die Zustandsgleichung vom $(5+2n)$ten Grad, was auch die physikalische Erklärung der Zustandsgleichung nach *Kamerlingh Onnes* sein dürfte.

Opitz, H., Über das Minimum der Dispersion beim Durchgang eines Lichtstrahles durch ein Prisma.

Planck, Max, Über die Energieverteilung in einem System rotierender Dipole.

Mit Zugrundelegung eines besonderen Gesetzes für die Emission elektromagnetischer Strahlung von seiten eines rotierenden elektrischen Dipols wird der stationäre Zustand berechnet, den ein System von solchen Dipolen unter der Einwirkung einer Hohlraumstrahlung von gegebener Intensität annimmt, und das Resultat in Übereinstimmung gefunden mit den Forderungen der Quantenhypothese.

Diesselhorst, H., Über die Bewegung eines elektrischen Teilchens in einem konstanten elektrischen und magnetischen Felde.

Für die von *E. Riecke* untersuchte Bewegung werden mit Hilfe der Vektorendarstellung auf einfachem Wege Formeln gewonnen, aus denen einige z. T. noch nicht beschriebene Folgerungen gezogen werden.

Würschmidt, J., Zur Enantiotropie des Wismuts.

Das spezifische Gewicht von Wismut ergibt sich zu 9,80; die Bestimmung wurde unter Entfernung der dem Metallstück anhaftenden Luft mit der Luftpumpe nach der Auftriebsmethode durchgeführt.

Pulverisiertes Wismut hat das spezifische Gewicht 9,70; durch das Pulverisieren geht das Wismut in eine weniger dichte Modifikation Bi_β über, die identisch mit der von *Cohen* und *Moesveldt* nachgewiesenen sowie auch mit der in den Wismutamalgamen von mir beobachteten Modifikation.

Trautz, Max, Die Additivität der inneren Atomwärmen bei idealen Gasen.

Die *innere Molarwärme* $(C_v - {}^3/_2\,R)$ etwa gleich *idealer Gase* setzt sich *additiv* aus den inneren Molarwärmen bezw. Atomwärmen der Bestandteile zusammen. Ausgenommen sind Molarwärmen *ungebundener* Atome und *sehr* großer Moleküle, wo z. Z. noch Zahlen fehlen. Dies neue *Additivitätsgesetz der inneren Atomwärmen* wird mit den (heute noch sehr unsicheren) Zahlen für C_v verglichen, wo es z. B. noch für das 11atomige Propan gilt. *Ideale* Gase folgen ihm wohl bei $T = \infty$ streng, vielleicht (?) bei allen Temperaturen.

Wilke, E., Die Messung von sehr großen elektrolytischen Widerständen und von Kapazitäten.

König, Walter, Nachweis elastischer Spannungen in ringförmigen Körpern mit Hilfe künstlicher Doppelbrechung.

Die Verteilung der durch den Druck der Pulvergase in Geschützrohren auftretenden Spannungen wird an Ringen aus Gelatine oder Glas mit Hilfe der durch solche Spannungen bewirkten künstlichen Doppelbrechung veranschaulicht. Die genaue Messung der Phasendifferenzen ergibt die von der Theorie geforderte Abhängigkeit vom umgekehrten Quadrat der Entfernung vom Mittelpunkte des Ringes. An dem entgegengesetzten Charakter der Doppelbrechung für inneren und für äußeren Druck wird die Wirkungsweise der Konstruktion der Mantelgeschütze erläutert.

Lehmann, O., Ausscheidungen, Niederschläge und flüssige Kristalle.

Durch die Entdeckung der flüssigen Kristalle sind die älteren Ansichten über das Wesen der Ausscheidungsvorgänge unhaltbar geworden. Die Ausscheidung kann nicht, wie die „Identitätstheorie" annimmt, einfach auf dichterem Zusammenrücken der Moleküle ohne Änderung ihrer Beschaffenheit beruhen; sie kann auch nicht ein chemischer Vorgang sein, wie die „Atomgruppierungstheorie" behauptet, derart, daß sich die bestehenden Moleküle auflösen und ihre Atome, z. B. im Fall der Kristallisation, gemäß ihren Wertigkeiten zu Raumgittern verbinden, wie scheinbar die Versuche über Röntgenstrahleninterferenzen beweisen, denn dann könnten, im Gegensatz zur Erfahrung, Kristallmoleküle nicht in Lösung vorhanden sein. Befriedigende Erklärung gibt dagegen die „Theorie der molekularen Isomerie", falls man nicht nur Lösungstension

und osmotischen Druck, sondern auch Selbstreinigungsvermögen und Adsorptionskraft berücksichtigt.

Born, Max, Über die optische Aktivität der Kristalle.

Durch die Raumgittertheorie lassen sich, wie der Verf. in einer demnächst erscheinenden ausführlichen Publikation zeigt, alle wichtigen Eigenschaften der Kristalle erklären. Hier wird aus diesen Untersuchungen die „molekulare Kristalloptik" mitgeteilt. Es zeigt sich, daß nicht nur die Fresnelschen Gesetze der Lichtausbreitung, sondern auch das natürliche Drehungsvermögen eine Folge der Gitterstruktur sind.

Himstedt, F., Versuche über elektrische Doppelbrechung.

Unter Benutzung eines Löwe-Zeißschen Interferometers sind neue Versuche ausgeführt über die absolute Verzögerung resp. Beschleunigung, welche senkrecht und parallel zu den elektrischen Kraftlinien polarisiertes Licht im elektrischen Felde erfährt. Bei allen gut isolierenden Flüssigkeiten hat sich für $\frac{n_a - n}{n_0 - n}$ der Wert — 4 ergeben. Es bezeichnet n_a den Brechungsexponenten des senkrecht zu den elektrischen Kraftlinien polarisierten Lichtes, n_0 den des parallel den Kraftlinien polarisierten und n den Brechungsexponenten außerhalb des elektrischen Feldes.

Schweidler, E. v., Über die möglichen Quellen der Hessschen Strahlung.

Die von *Hess* bei Ballonfahrten zuerst beobachtete und später von *Kolhörster* bestätigte Tatsache, daß die Ionisierung in einem geschlossenen Gefäß mit der Höhe über dem Boden stark zunehme, wurde von *Hess* auf eine *außerterrestrische* Quelle durchdringender γ-Strahlen zurückgeführt. Vorliegende Arbeit untersucht theoretisch, welche Aktivität verschiedenen hypothetischen Quellen zugeschrieben werden müßte, und liefert das Resultat, daß der Ursprung der Strahlung in Sonne, Mond oder anderen Gestirnen höchst unwahrscheinlich ist, gleichmäßig im Weltraum verteilte radioaktive Materie eher in Betracht käme. Auch die höchsten Schichten der Atmosphäre sind als Quelle auszuschließen.

Weinstein, Max B., Über Erdströme und Erdmagnetismus.

Die Abhandlung bespricht die Beobachtungen über das Verhältnis der Erdströme zu den Änderungen des Erdmagnetismus und weist namentlich nach, daß im deutschen Reichsgebiete die Erdströme in langen Leitungen als Parallelerscheinung zu den erdmagnetischen Änderungen auftreten, als wenn sie die Bewegungen der Magnetnadeln verursachten. Beobachtungen, namentlich von *Birkeland* in hohen Breiten an kurzen Linien ergaben dagegen, daß die Erdströme als Induktionserscheinungen sich geltend machen.

Broek, A. van den, Atombau und Atomzerfall.

Den Ordnungszahlen der Elemente im periodischen System kommt eine tiefere Bedeutung zu. Die Reihe der Elemente (92) von H bis Ur ist die kontinuierliche Reihe aller möglichen inneratomischen Ladungskonglomerationen von 1 bis 92, wobei beide Arten in gleicher Zahl, aber getrennt vorhanden sind. Diese vom Verf. aus Versuchen von *Geiger* und *Marsden* geschlossene Folgerung wurde durch die bekannten Moseleyschen Versuche mit Röntgenstrahlen und die Entdeckung vieler anderen die Ordnungszahlen enthaltenden Beziehungen bestätigt. Die Gesamtzahl der Elektronen und positiven Ladungen im Atom ist jedoch größer als die Ordnungszahl, nach Verf. gleich dem halben Atomgewichte. Beim radioaktiven Zerfall werden diese weiteren α- und β-Teilchen, nicht die den Ordnungszahlen entsprechenden ausgestoßen, nach *Rutherford* aus dem Kerne, nach Verf. vielleicht durch Zerfall neutraler He-Teilchen in der Achse des Atoms. Dann entspricht die Zahl der freien inneratomischen Elektronen der Ordnungszahl wie die der positiven Ladungen im jetzt rein-positiven Kerne.

Hoffmann, G., Feinregistrierung der Ionisierung in geschlossenen Gefäßen.

Das vom Verfasser konstruierte Elektrometer gestattet die von einzelnen α-Teilchen erzeugten Ionenmengen zu messen. Es können daher bei Beobachtung der spontanen Ionisierung die stoßweisen Ionisationen der α-Teilchen von der gleichförmigen Ionisation getrennt werden und aus den Größen der Stöße Schlüsse über die Herkunft der α-Teilchen gezogen werden. 2 Reproduktionen der photographischen Registrierkurven sind beigefügt.

Diesselhorst, H., H. Freundlich und W. Leonhardt, Die Doppelbrechung des Vanadinpentoxydsols.

Wachsmuth, R., und M. Seddig, Die Absorption von Ra-Emanation durch Kohle.

Grunmach, Leo, Über die Oberflächenspannung von Benzol.

Es werden verschiedene Messungsreihen zur Bestimmung der Oberflächenspannung von Benzol sowohl nach der Kapillarwellenmethode, wie nach der Steighöhenmethode mit dem Kapillar-Plattenapparat mitgeteilt, und die nach beiden Methoden gewonnenen Ergebnisse mit einander verglichen. Es zeigt sich in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen und Darlegungen des Verfassers, daß die statische Steighöhenmethode einen größeren Wert (28,3 Dynen/cm) für die Oberflächenspannung des Benzols ergibt, als die dynamische Kapillarwellenmethode (26,9 Dynen/cm), bei der bei beständig sich erneuernder Flüssigkeitsoberfläche beobachtet wird.

Feußner, W., Über den Stokesschen Integralsatz.

W. F. gibt nach einigen kurzen Bemerkungen über die erste Aufstellung und bisherigen Behandlungen des *Stokesschen Integralsatzes* eine einfache Ableitung desselben, die sich wesentlich auf einen der bekanntesten Lehrsätze aus der analytischen Geometrie der geraden Linien im Raum stützt.

Czudnochowski, Walther Biegon von, Kathodokoloreszenz, Permutierende Lumineszenz und Thermoluminovariabilität.

Timerding, H. E., Über die Raumzeitvektoren und ihre geometrische Behandlung.

Der Aufsatz bringt einige Betrachtungen über die Anpassung des Minkowskischen Gedankens der „Raumzeitwelt", der aus der organischen Vereinigung von Raum und Zeit entstehenden Mannigfaltigkeit und der in ihr auftretenden Bildungen, an die von *Graßmann* und *Hamilton* ausgebildeten Methoden. Hierbei wird von einem Bilde jener vierdimensionalen Mannigfaltigkeit ausgegangen, das durch die Kugeln des gewöhnlichen Raumes gegeben wird.

Uller, Karl, Eine Wellenstudie.

Auf Grund der Wellengleichung wird der Nachweis geliefert, daß es im allgemeinen einen „Brechungs

exponenten" und einen „Extinktionskoeffizienten" nicht gibt. Diese erweisen sich nicht als Naturkonstanten, sondern als ad hoc definierte Abkürzungen, die nur bei normalem Einfall und im Snelliusschen Gebiete zugelassen werden können. Als Naturkonstanten treten zwei andere Größen auf. — Die Strahlung ist vom Polarisationszustande der Welle abhängig. Schon in einem isotropen und homogenen Medium gehen ihre Richtung und die der Isophasennormale auseinander. Außerhalb des Snelliusschen Gebietes und des normalen Einfalls gelten nicht die Sätze von *Fermat*, *Malus* und *Helmholtz*, nicht die Huyghensschen Wellenkonstruktionen.

Regener, E., Rauchversuche zur Veranschaulichung der Wirkung der Sonnenstrahlung auf die Atmosphäre.

Die Strahlung einer Bogenlampe fällt auf eine Schicht Tabaksrauch, die sich in einem Glaskasten befindet. Weißes Papier auf dem Boden desselben stellt „Wasser", schwarzes Papier „Land" dar. Das schwarze Papier erwärmt sich durch Absorption kräftig und erzeugt dadurch Bewegungen, die ganz denen entsprechen, die in der Erdatmosphäre unter der Wirkung der Sonnenstrahlung entstehen. Eine Reihe von Photographien zeigt die Wirkung einer „Insel" im „Meer" und von „Land- und Seewind".

Sommerfeld, A., Die allgemeine Dispersionsformel nach dem Bohrschen Modell.

Nach *Bohr* besteht ein Molekül aus positiven Kernen und negativen Elektronen, welche um diese kreisen. Eine auffallende Lichtwelle setzt sie in Bewegung. Während die ursprünglichen Bahnen nach *Bohr* nicht strahlen sollen, geben die zusätzlichen Bewegungen Ausstrahlung und erzeugen das Brechungsvermögen. Dieses wird hier — nach dem Vorgange *Debyes*, der die Dispersion des Bohrschen Wasserstoffmodelles berechnet hat — für einen Ring von beliebig vielen Elektronen bestimmt. Anwendung auf O_2 und N_2.

Bergwitz, Karl, Beiträge zur Kenntnis der γ-Strahlung des Erdkörpers.

Zunächst wird ein Universalregistrierapparat beschrieben, mit dem an dieser Stelle in Verbindung mit dem Wulfschen Apparat die durchdringende Erdstrahlung auf der Erde und in 80 m Höhe registriert wird. Die Resultate finden sich in 5 Tabellen und 2 Tafeln. Sie ergeben eine nur geringe Schwankung der pro cm³/sec erzeugten Ionen. Sie zeigen gegen Abend ein Maximum, gegen Mittag ein flaches Minimum. Mit Zunahme der wärmeren Jahreszeit steigen sie ein wenig. Parallel gehen Beobachtungen mit einer sehr großen Ionisierungskammer, deren Eigenstrahlung durch Messungen im Steinsalzgebirge und deren Sekundärstrahlung durch Eichung mit einem Radiumpräparat gefunden werden. Nach Abzug dieser Strahlungen ergibt sich, daß ca. 4 Ionen pro cm³/sec in der freien Atmosphäre durch die durchdringende Strahlung des Erdkörpers gebildet werden. Zu demselben Resultate führte die Registrierung unter Ort mit dem Wulfschen Apparate. — Durch Messungen im Carnallitgebirge wird eine vom Kalium ausgehende sehr harte, noch nicht bekannte Strahlung festgestellt.

Flamm, Ludwig, Die Gesetze des Durchganges der α-Strahlen durch Luft.

Auf Grund neueren Beobachtungsmaterials erweist sich Geigers Formel für die Geschwindigkeitsabnahme, $r = k\,v^3$, als nicht strenge erfüllt und vor allem die Annahme als unzulässig, daß die erzeugte Ionisierung der Energieverausgabung proportional ist. Es lassen sich vielmehr sowohl die Reichweite als auch die Gesamtionisation durch die Geschwindigkeit bloß in der Gestalt $a\,v^3 - b\,v^2 + c\,v - d$ ausdrücken. Man wird wieder auf die schon von *Rutherford* vermutete hohe kritische Geschwindigkeit geführt, doch scheint sie für die einzelnen α-Strahlen eines homogenen Bündels zu variieren, was die hauptsächliche Ursache der Reichweiteschwankungen der α-Partikel sein dürfte.

Fajans, K., Die Eigenschaften isotoper Elemente im festen Zustande

werden theoretisch behandelt. Auf Grund spektroskopischer Beobachtungen wird angenommen, daß die Eigenschaften der äußeren Elektronen in Atomen der Isotopen bis zu einem hohen Grad der Annäherung übereinstimmen. Daraus wird gefolgert, daß im festen Zustande die zwischen den Atomen wirkenden Kräfte bei Isotopen gleich sind. Aus der verschiedenen Masse der Atome folgt dann eine Verschiedenheit der Atomschwingungszahl, also auch der Wellenlänge der Reststrahlen, der spezifischen Wärme, des Wärmeinhaltes usw. Auch im Atomvolumen und chemischen Eigenschaften sind kleine Unterschiede zu erwarten. Die sich daraus für die Klassifikation der Elemente ergebenden Konsequenzen werden diskutiert.

Richarz, F., Kritischer Vergleich und einfache Darstellung der Helmholtzschen und der Abbeschen Theorie des mikroskopischen Auflösungsvermögens.

Guthnick, P., und R. Prager, Über eine Gesetzmäßigkeit im System Ursa major.

Durch lichtelektrische Messungen an einem 30-cm-Refraktor mit Elster- und Geitelschen Alkalizellen ist die Veränderlichkeit von β und ε Ursae majoris festgestellt und mittels der photometrischen Perioden aus früheren Potsdamer Messungen der Radialgeschwindigkeiten sind die spektroskopischen Bahnen abgeleitet worden. Beide Sterne sind Verfinsterungsveränderliche. Mit Zuhilfenahme der schon bekannten Daten über α Coronae, β Aurigae und Sirius wird der Parallelismus der Bahnebenen dieser Doppelsterne mit derjenigen Ebene wahrscheinlich gemacht, um die sich die sicheren Glieder des Systems Ursa major eng gruppieren.

Lenard, P., Über die druckzerstörten Erdalkaliphosphore.

Schlichter, W., Die spontane glühelektrische Emission bei Platin.

Eingehende Untersuchung über die in dem Kreis: glühendes Metall — Vakuum — kaltes Metall — durch eine äußere Leitung zur Glühelektrode zurück *spontan* stattfindende elektrische Entladung einer Platinelektrode. Der *spontane* Strom wird mit den bei eingelegten Hilfsspannungen erzwungenen bzw. gesättigten Strömen verglichen und so gezeigt: 1. in welcher Weise sich unter der anfänglich vorherrschenden positiven Emission die Elektronenemission entwickelt; 2. wie sich nach Abklingen der positiven Emission das Verhältnis von Sättigungsstrom und spontanem Strom um so mehr dem Werte 1 nähert, je mehr durch langes Ausglühen die Glühelektrode dem rein metallischen Zustande angenähert wird.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW